

# Modélisation intégrée de la qualité de l'air urbain et scénarios socio-économiques

## *Contexte & mise en œuvre*

*Isabelle Coll<sup>1</sup>, Julie Prud'homme<sup>1,2</sup>, Vincent Viguié<sup>3</sup>, Nicolas Coulombel<sup>4</sup>*

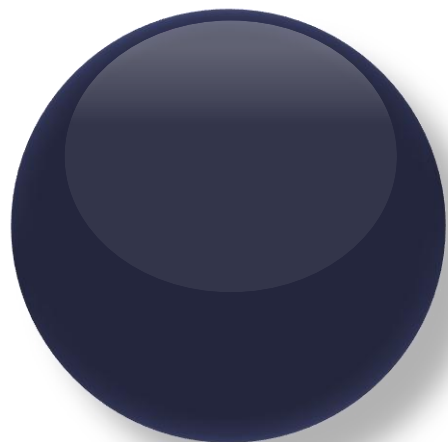
*1 LABEX Futurs Urbains – Université Paris-Est*

*2 LISA (UMR CNRS 7583 – UPEC-UPD)*

*3 CIRED (UMR CNRS 8568)*

*4 LVMT (IFSTTAR)*





# QUESTIONNEMENTS ET CONTEXTE D'ÉMERGENCE DU PROJET

Labex Futurs Urbains, UPE



# Questions

- Quel est l'impact de l'évolution des zones urbaines sur la QA?
- Quel est le rôle des villes dans la pollution multi-échelles?

- **Scénarios urbains**

- Les scénarios réglementaires permettront-ils de régler les problématiques locales (pollution de pointe, pollution moyenne annuelle) en ville ?
- Quelles mesures locales peut-on prendre pour améliorer la QA en ville?
- Comment doit-on concevoir l'évolution urbaine dans le cadre QA / CC?

- **Exposition / Vulnérabilité**

- Quelles sont les expositions / inégalités d'exposition des populations à la pollution atmosphérique?

- **Export**

- Quel est l'impact d'une structure urbaine (dense) sur son environnement proche à continental?

# Qualité de l'air et modèles urbains futurs

- **Besoin d'une transversalité des approches / mise en commun des compétences**

## → implication forte dans le Labex Futurs Urbains (Paris-Est)

- Construire des scénarios prospectifs réalistes basés sur une redistribution pertinente de l'habitat et des transports
- Mise en commun de compétences en environnement, urbanisme, énergétique
- Expertise sur l'impact de l'évolution du tissu urbain sur l'environnement
- Devenir des panaches au-dessus du continent européen futur



# Qualité de l'air et modèles urbains futurs

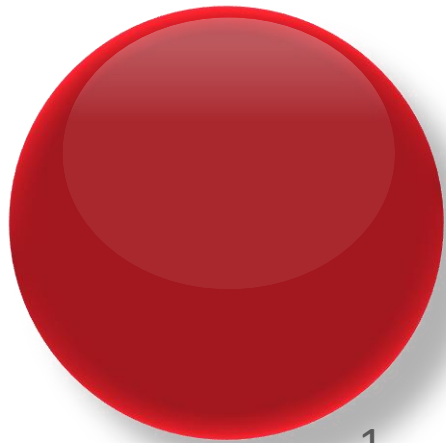
- **Evolution des modèles pour représenter l'urbain**

- **Mise en place d'un groupe de travail « Dynamique Urbaine et Modélisation »**

- Développement d'un projet de recherche inter-laboratoires / interdisciplinaire sur le lien entre villes futures et environnement
  - Modèle NEDUM-2D reproduisant les mécanismes sous-jacents à la dynamique d'un système urbain
  - Traduction des hypothèses en émissions (COPERT)
  - Développement d'une capacité à modéliser l'impact des choix de développement urbain (densité urbaine, habitat, transport, physionomie des émissions de polluants, dépenses énergétiques) sur la QA

*LISA, CIRED, LVMT, GRETTIA, LEESU, AUSSER*





## POINT DE DÉPART DU PROJET, POSTULATS

1. La planification urbaine, un levier d'action environnementale
2. Transports : une clé pour le développement durable
3. La ville compacte : le pour et le contre
4. Les scénarios d'émission classiques ne peuvent pas aborder ces questions



# Notre projet s'appuie sur les constats suivants

1. La planification urbaine, un levier d'action environnementale



## **Un lieu de consommation élevée d'énergie et de ressources ... mais aussi un rôle crucial à jouer dans l'atténuation et l'adaptation**

### **Pour** *« gérer l'inévitable et éviter l'ingérable »*

- Bien planifiées, les villes compactes peuvent être très économes en ressources et émissions par personne
- Centres d'expertise et d'innovation pouvant investir dans l'écologisation des secteurs
- Principaux décideurs dans le flux de marchandises et de services, moteurs évidents de la consommation durable

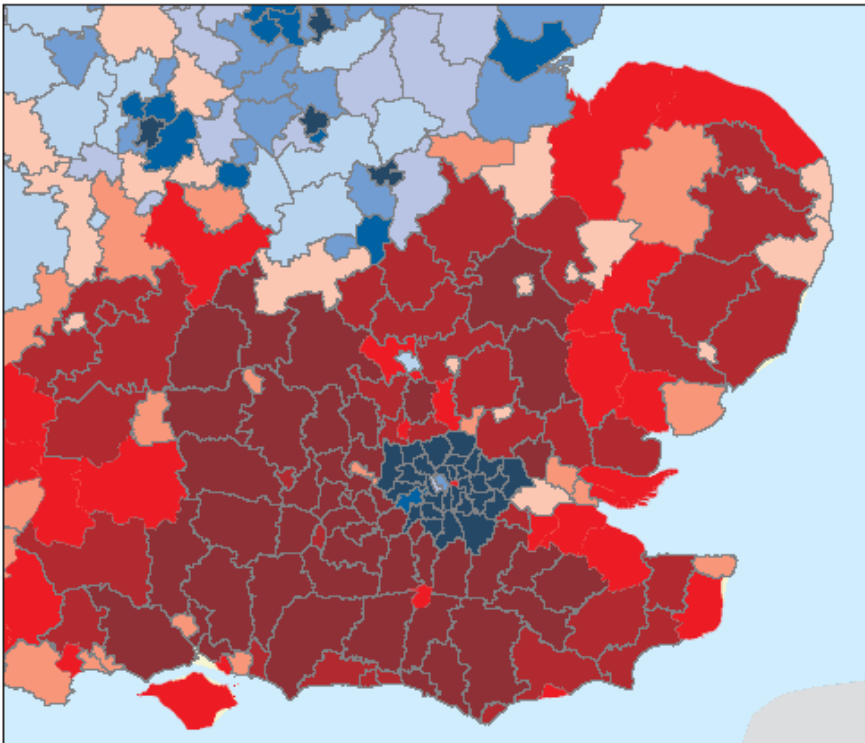
### **Large gamme d'instruments à disposition**

- Prix des logements / Taxes
- Politiques de transport (réduire, optimiser)
- Aménagement urbain
- Schémas d'énergie, techniques de production plus propres, achats écologiques...
- Financements et politiques de l'UE



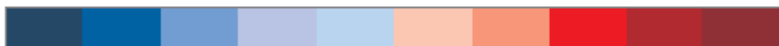
# Planification urbaine et environnement

## Bilan GES lié au transport, par habitant au Royaume-Uni

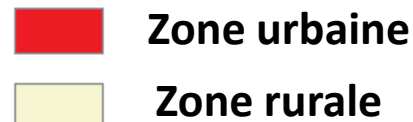


Transport greenhouse gas footprint per capita, 2006

Tonnes équivalent CO<sub>2</sub>



Urban/rural land use pattern, 2000



# Parmi les engagements de la Commission Européenne pour 2014-2020

- **Renforcer le caractère durable des villes**
- **Passer à une économie verte inclusive à faibles émissions de carbone**
  - -20% émissions de GES
  - -20% consommation d'énergie primaire
  - 20% d'utilisation d'énergie renouvelable
- **Fournir un cadre stratégique pour la politique environnementale**
  - Assurant complémentarité et cohérence et une action à tous les niveaux de gouvernance
  - Politique basée sur une base de connaissances solide et disposant d'outils scientifiques adéquats
    - Mieux comprendre les impacts du changement climatique et les seuils environnementaux
    - Mieux comprendre les modes de production et de consommation durables notamment
    - Faire l'interface entre science et politique en environnement
  - Etablir des synergies entre qualité de l'air et climat

# Notre projet s'appuie sur les constats suivants

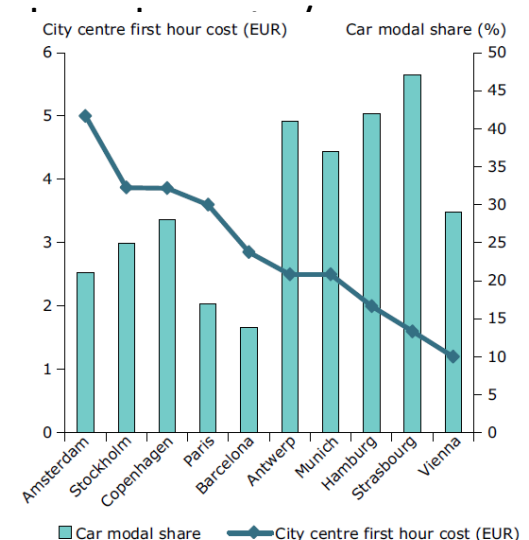
1. La planification urbaine, un levier d'action environnementale
2. Transports : une clé pour le développement durable



# Solutions pour une ville durable **Le transport**

- **Le transport urbain :**
  - un rôle socio-économique clé, un impact environnemental avéré (NOx, PM, CO2) et pas de tendance forte à la baisse des émissions / concentrations de proximité
  - La congestion accroît la consommation de carburant et les disparités avec les normes d'émission constructeur
  - Engagements UE pour des transports plus durables
- **Les solutions pour un transport routier urbain durable nécessitent**
  - de meilleures infrastructures et une planification pour aider à **éviter** les trajets inutiles et le recours à l'utilisation des véhicules particuliers et pour un **report** modal
  - des politiques d'aménagement et de taxation, la promotion technologies plus propres pour **réduire** les émissions

*Impact attendu de la forme / structure de la ville sur la forme et l'usage du réseau routier*



# Notre projet s'appuie sur les constats suivants

1. La planification urbaine, un levier d'action environnementale
2. Transports : une clé pour le développement durable
3. La ville compacte : le pour et le contre



# La ville compacte, pour ou contre ?

*La ville compacte basée sur des transports en commun efficaces, favorisant marche et cyclisme et associée à des espaces verts publics de qualité peut servir de modèle de développement durable (EEA).*

- Le « pour »

Lutte contre l'étalement urbain

Réduction des distances domicile-travail

Diminution de la demande de transport individuel, report modal sur la marche et le vélo

Moins de consommation énergétique pour le chauffage domestique

Organisation des réseaux (chauffage, services, déchets)

- Le « contre »

Confinement des espaces urbains piétons, rues canyon

Augmentation de la congestion du trafic (quartiers populaires et commerciaux)

Réduction des espaces verts (effet thermique, absorption polluants)

Renforcement des inégalités d'accès et des stress environnementaux (bruit)

Rétroaction négative : hausse des prix des terres et étalement urbain

**Réduction de la consommation d'énergie, des émissions de GES, économies d'échelle**

**Renforcement potentiel de l'exposition à une qualité de l'air dégradée**

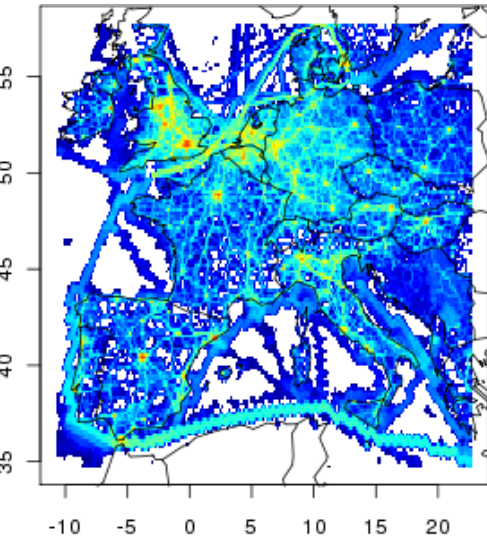
# Notre projet s'appuie sur les constats suivants

1. La planification urbaine, un levier d'action environnementale
2. Transports : une clé pour le développement durable
3. La ville compacte : le pour et le contre
4. Les scénarios d'émission classiques ne peuvent pas aborder ces questions

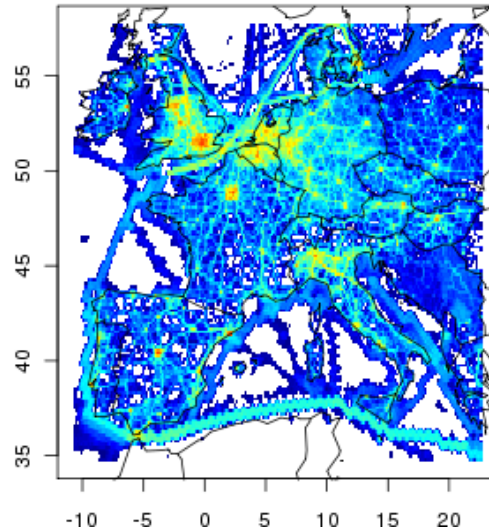


# Les scénarios d'émission classiques ne peuvent pas aborder ces questions

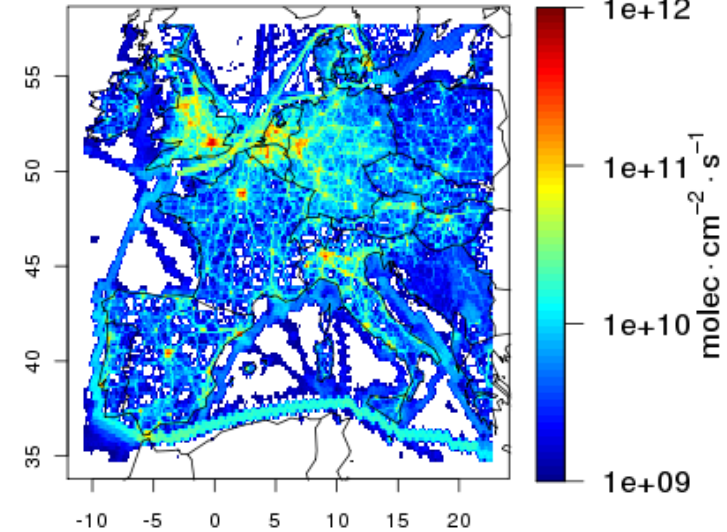
Original - REF



City sprawl - SUBURBS

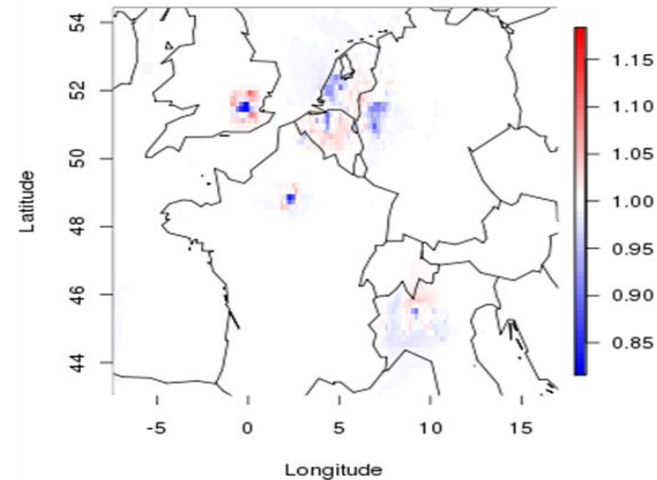


Dens° of urban patterns - MPOL

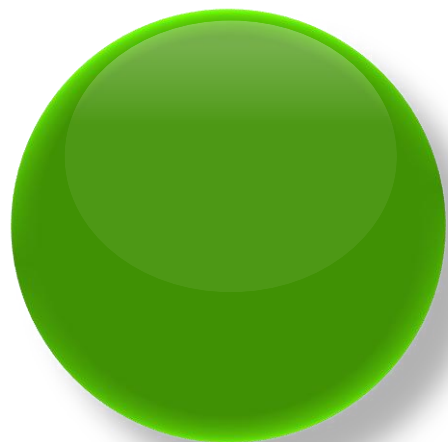


## Ozone concentration fields

MPOL/SUBURBS







# OBJECTIFS ET APPROCHE DU PROJET

Impacts de la forme de la croissance urbaine sur la qualité de l'air

Modèles validés et robustes

Matrice de flux de déplacements



# Objectifs et approche du projet

1. Volonté d'intégrer les contraintes socio-économiques des les scénarios environnementaux : **impacts de la forme de la croissance urbaine sur la qualité de l'air**
2. Construction d'une chaîne de modélisation intégrée à partir de modèles **validés et robustes**
3. Centré sur la production d'une **matrice de flux de déplacements** (conséquence de la forme urbaine / structurante pour la forme urbaine / génératrice d'impacts)

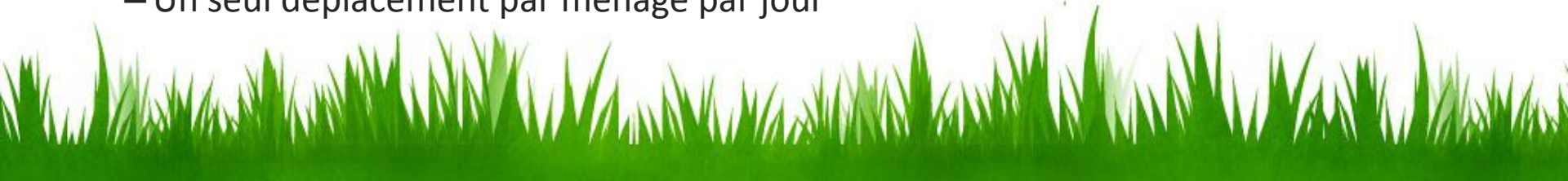


# NEDUM (CIRED)

- Simuler la croissance urbaine selon des principes d'économie urbaine classiques
- 3 mécanismes:
  1. **Arbitrage** des ménages (loyer, transports)
    - Les temps et coûts de transports sont réduits avec la proximité au centre
    - Les logements sont plus grands et moins chers en périphérie
  2. **Optimisation** de la densité de logements entre loyer et coût de construction (position de l'investisseur immobilier)
  3. Des **temporalités** différentes entre l'évolution du loyer, de la densité de population,...

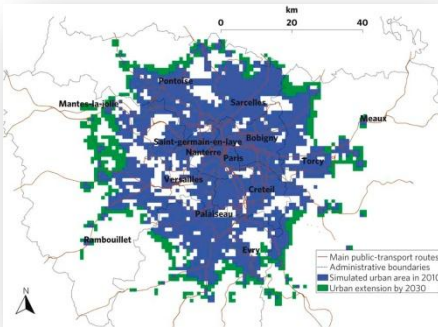
## Des hypothèses simplifiées:

- Tous les ménages ont les mêmes revenus
- Un seul déplacement par ménage par jour



**NEDUM 2D : Modèle socio-économique  
/ interaction transport–usage des sols /  
Réarrangement espace urbain / Coût  
transport et logement**

**Structure de  
la ville &  
fabrique  
urbaine**

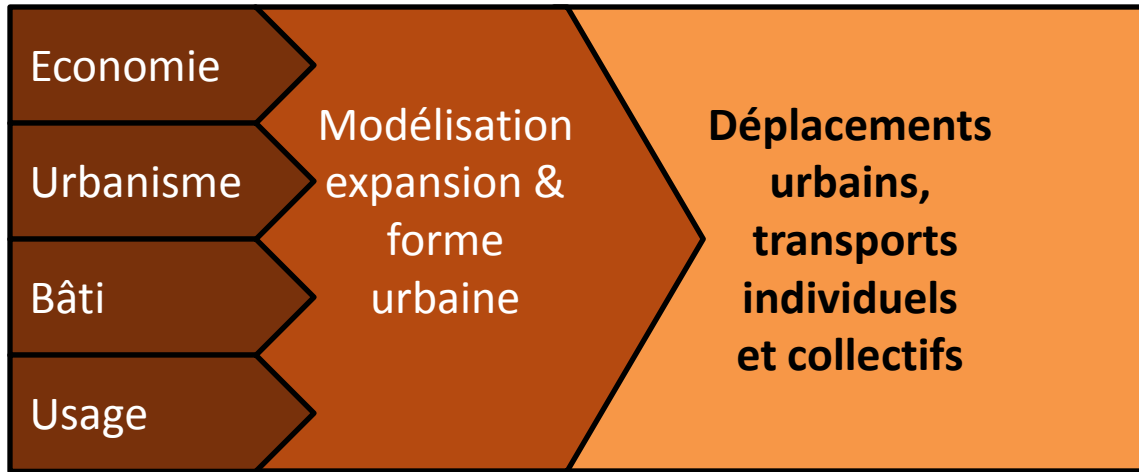


**Conséquences urbaines des politiques**

→ Localisation centres d'emploi et zones résidentielles

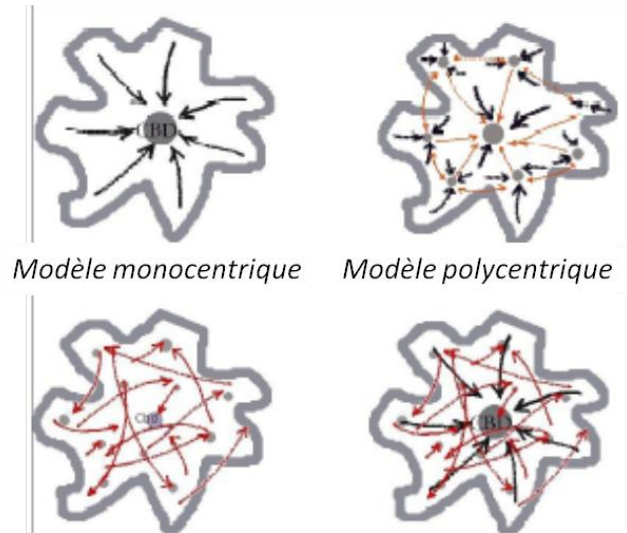
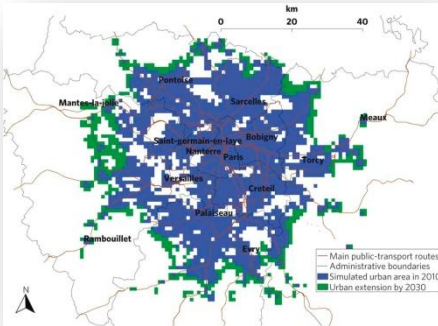
→ Nouvelle utilisation des sols





**NEDUM 2D** : Modèle socio-économique / interaction transport–usage des sols / Réarrangement espace urbain / Coût transport et logement

### Structure de la ville & fabrique urbaine



Conséquences urbaines des politiques

→ Localisation centres d'emploi et zones résidentielles

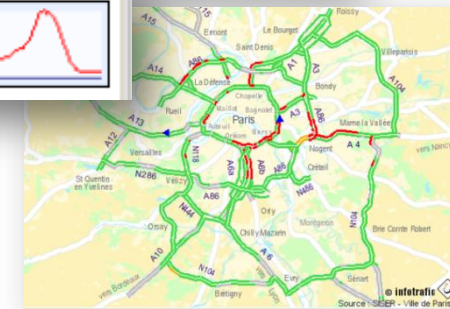
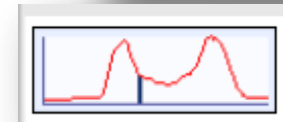
→ Nouvelle utilisation des sols



# Matrice de déplacements routiers urbains

## MODUS / GREEN

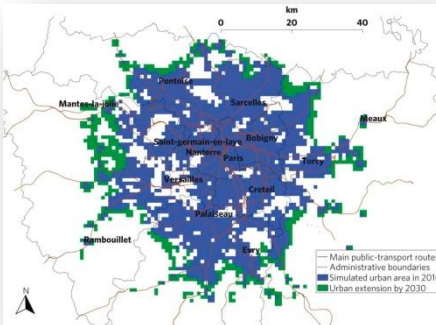
Modèles d'allocation et de simulation de trafic / Calcul des émissions de polluants



NEDUM 2D : Modèle socio-économique / interaction transport–usage des sols / Réarrangement espace urbain / Coût transport et logement



Structure de la ville & fabrique urbaine



Conséquences urbaines des politiques

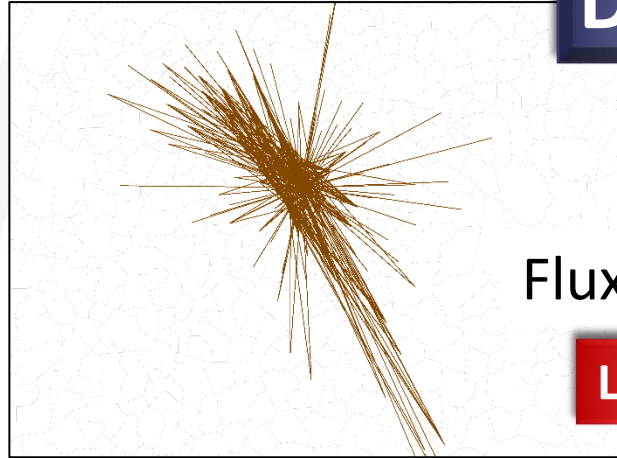
→ Localisation centres d'emploi et zones résidentielles

→ Nouvelle utilisation des sols



# TRAFIC ROUTIER & EMISSIONS

Déplacements



Flux origine/destination

Localisation des OD

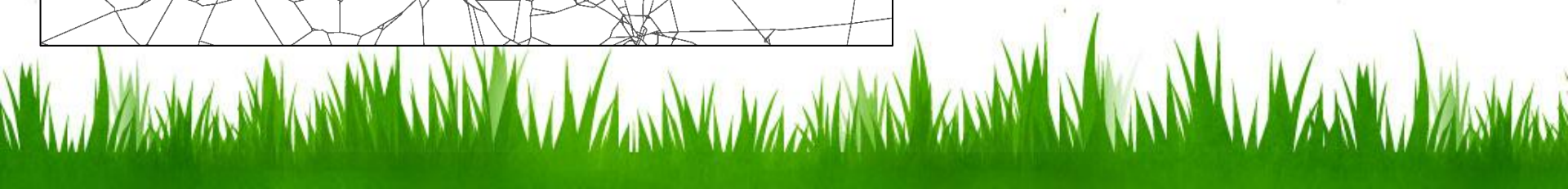
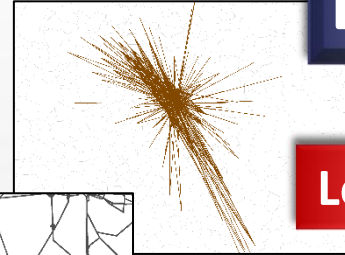
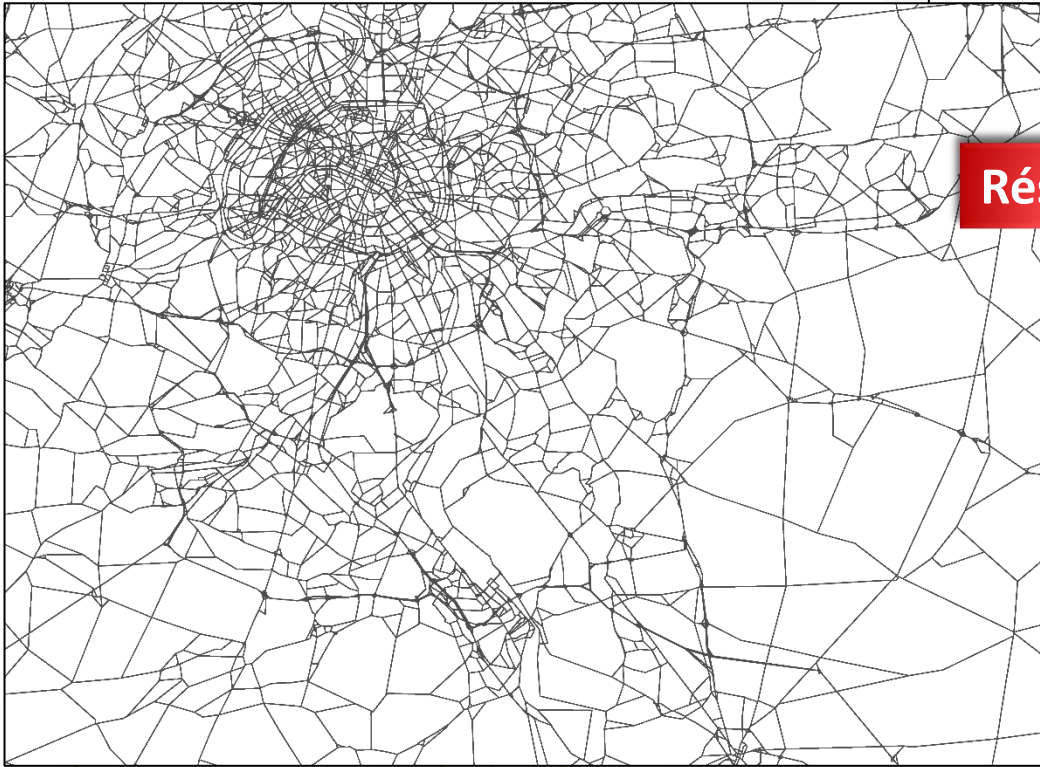


# TRAFIC ROUTIER & EMISSIONS

Déplacements

Localisation des OD

Réseau routier





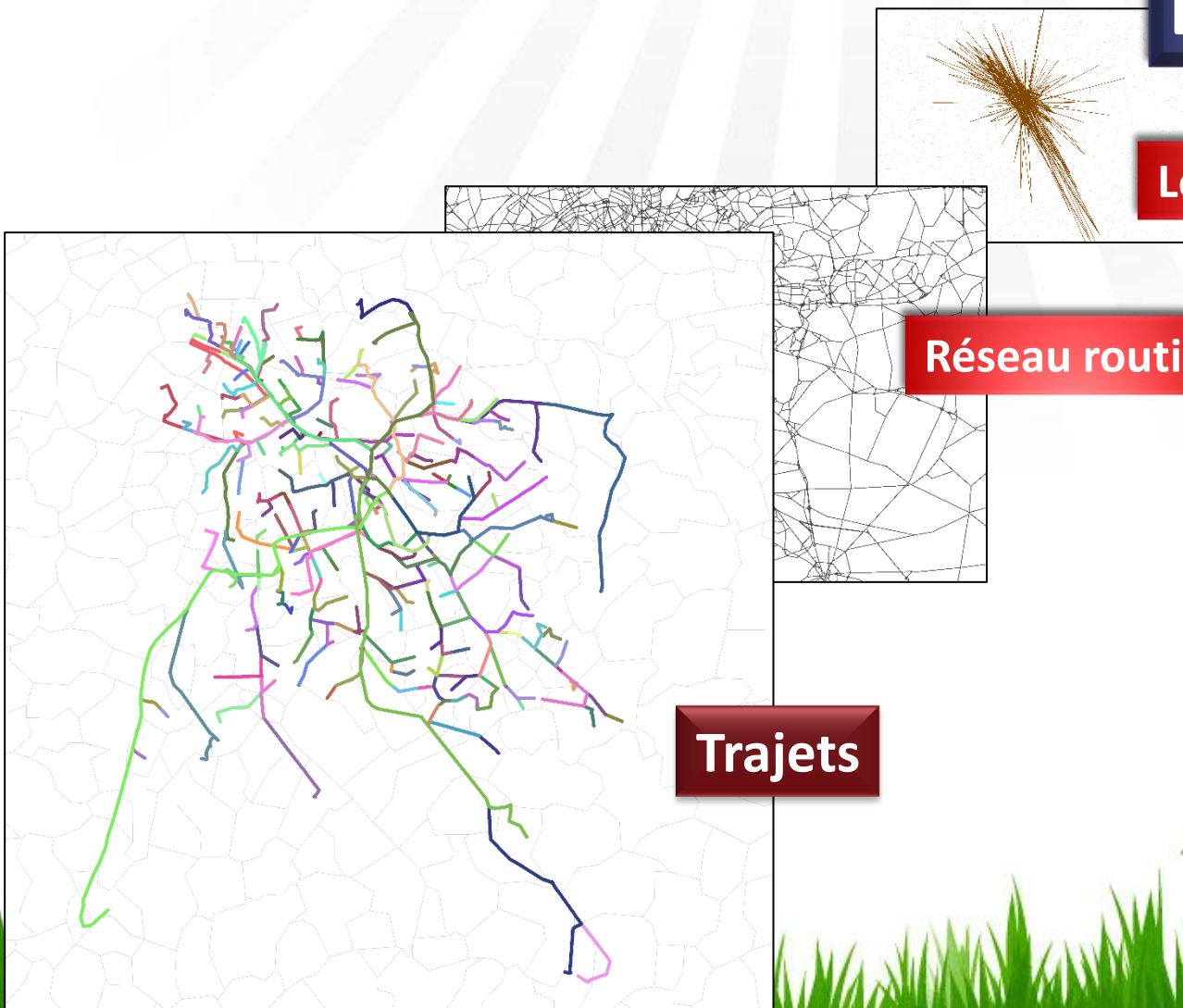
# TRAFIC ROUTIER & EMISSIONS

Déplacements

Localisation des OD

Réseau routier

Trajets



# TRAFIC ROUTIER & EMISSIONS

Véhicules

Déplacements

*Constructeurs automobiles*

Flotte de véhicules

Localisation des OD

Réseau routier

Effectifs

Trajets

Récurrence des OD

Emissions

Facteur d'émission :

Type de véhicule

Vitesse de circulation tronçon de route

Longueur du tronçon

Nombre de récurrences

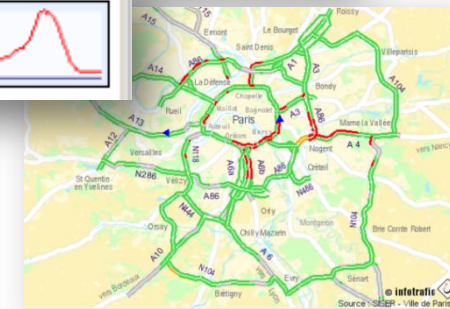
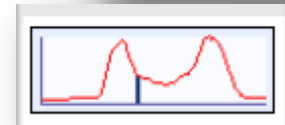
Emissions à froid

Emissions à l'accélération

# Matrice de déplacements routiers urbains

## MODUS / GREEN

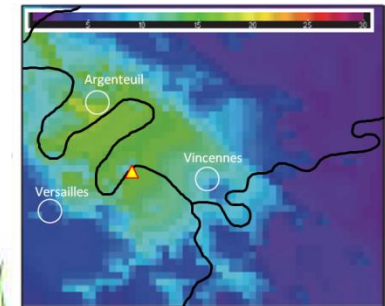
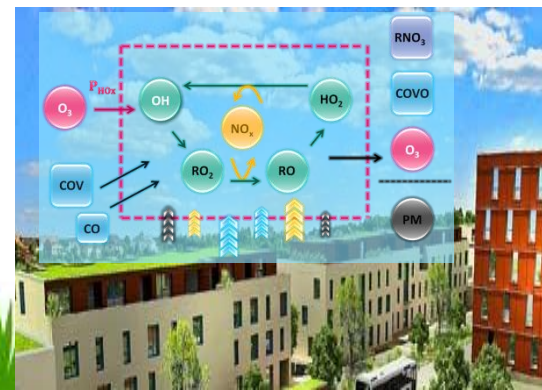
Modèles d'allocation et de simulation de trafic / Calcul des émissions de polluants



## Diagnostic qualité de l'air

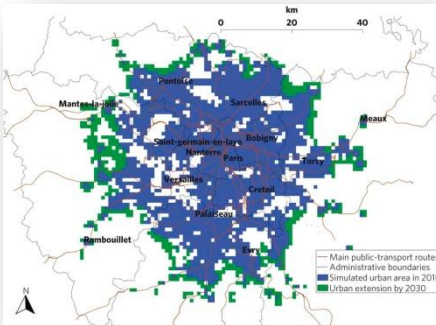
CHIMERE : évolution physico-chimique des polluants / champs de concentration

*Chimere*



NEDUM 2D : Modèle socio-économique / interaction transport–usage des sols / Réarrangement espace urbain / Coût transport et logement

## Structure de la ville & fabrique urbaine



Conséquences urbaines des politiques

→ Localisation centres d'emploi et zones résidentielles

→ Nouvelle utilisation des sols



# CHIMERE : Modèle de Chimie-Transport

Modules internes de calcul  
Schéma chimique/ Thermodyn.  
Schéma de transport  
Solveur

Paramètres  
météorologiques  
(modèle)

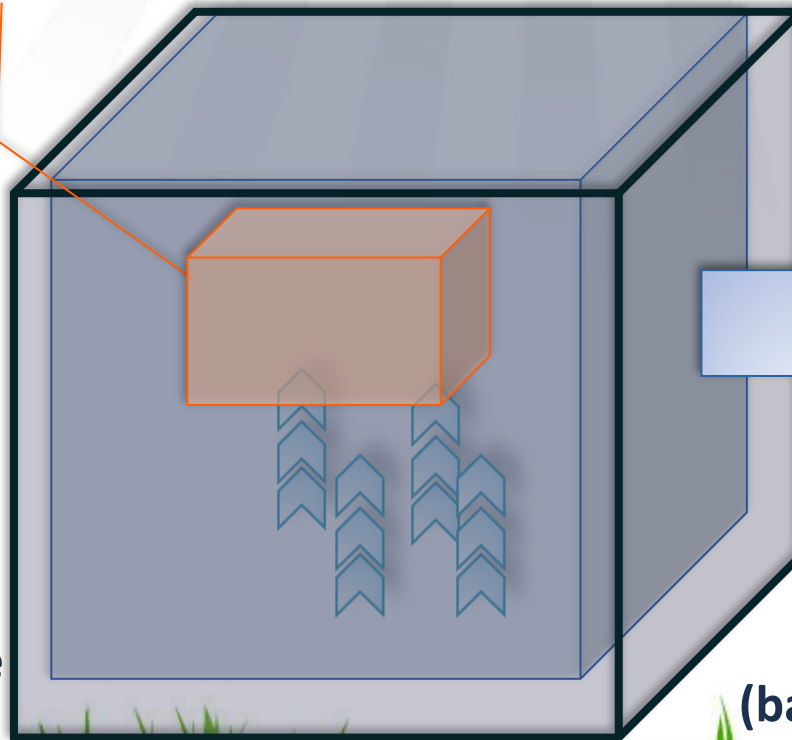
*Chimere*

Champs de concentration  
(toutes espèces calculées)



Emissions  
(bases de données – modèles)

Champs  
chimiques  
(modèles grande  
échelle )

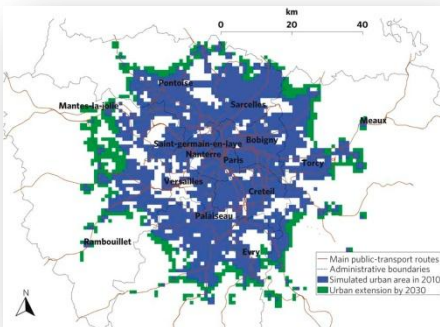


# Développement de scénarios énergétiques VITE!

Contrainte pour NEDUM & suite de la chaîne



**NEDUM 2D**: Modèle socio-économique / interaction transport–usage des sols / Réarrangement espace urbain / Coût transport et logement



Structure de la ville & fabrique urbaine

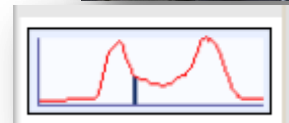


Conséquences urbaines des politiques  
 → Localisation centres d'emploi et zones résidentielles  
 → Nouvelle utilisation des sols



## MODUS / GREEN

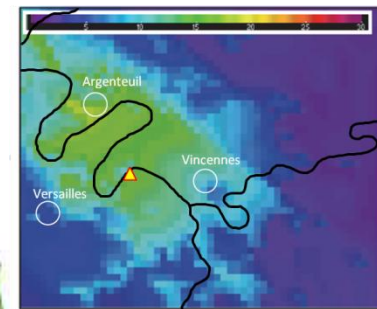
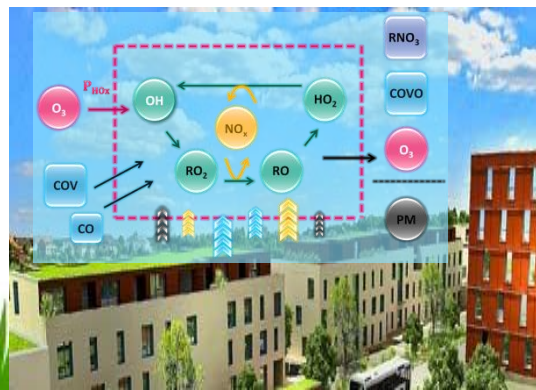
Modèles d'allocation et de simulation de trafic / Calcul des émissions de polluants



Diagnostic qualité de l'air

**CHIMERE**: évolution physico-chimique des polluants / champs de concentration

*Chimere*



## SDRIF

### Les documents de Politiques

**Publiques Urbaines donnent un cadre administratif et légal pour l'organisation future de l'espace urbain**

- Des piliers et des enjeux spatiaux
- Enjeux climatiques
- Qualité de l'air implicite

- **relier et structurer**

*transport, mobilité, potentielle connexion à distance*

- **polariser et équilibrer**

*équilibre habitat/emploi, mixité sociale et fonctionnelle, densification*

- **préserver et valoriser**

*protéger et mettre en valeur l'environnement*

« Offre un cadre, fixe des limites, impose des orientations et laisse aux collectivités territoriales la responsabilité de la traduction de ces grandes orientations »

**N'indique aucune marche à suivre pour atteindre les objectifs**

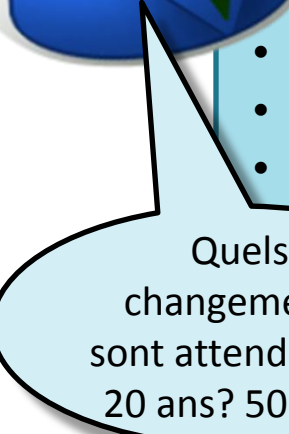
# Utilisation de la chaîne de calculs



Quel serait l'impact de cette politique sur l'aire métropolitaine?

densification / étalement urbains

- Augmentation du coût des transports
- Augmentation du prix des terres
- Réglementations routières



Quels changements sont attendus sur 20 ans? 50 ans?

scénarios théoriques : uchronies

scénarios futurs : prospectifs, réglementaires

Un projet développé en collaboration by LISA / CIRED / LVMT

Soutenu par le projet VITE! (pilotage LATTs)



Chaîne de modélisation intégrée

Qualité de l'air

